PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-257398
(43)Date of publication of application : 21.09.2001

(51)Int.Cl. H01S 3/08

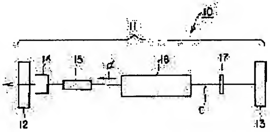
(21)Application number : 2000-066626
(22)Date of filing : 10.03.2000

(71)Applicant : TOKYO ELECTRIC POWER CO INC:THE
TOSHIBA CORP

(72)Inventor : IMAI SHINICHI
TAKIZAWA YASUSHI
FUTAKI SHOICHIRO

(54) SOLID-STATE LASER OSCILLATOR

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a solid-state laser oscillator, capable of compensating for birefringence and suppressing the output loss to a minimum.
SOLUTION: This solid-state laser oscillator is provided with an excitation module 16, located on an optical axis C between an output mirror 12 and a reflecting mirror 13, polarizer 14 located between the excitation module 16 and the output mirror 12, Faraday rotator 15, for rotating the polarizing direction of inputted laser light at 45° in a fixed direction with respect to the optical axis C and outputting the laser light, and optioal element for outputting the laser light, so that the polarizing direction of laser light, inputted from the side of the reflecting mirror 13 to be outputted to the side of the exciting module 16, can be rotated by 90° in the polarizing direction of laser light inputted from the side of the excitation module 16.



LEGAL STATUS
[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

CLAIMS

[Claim(s)]
[Claim 1] A solid-state-laser oscillator which is characterized by providing the following and which outputs a laser beam A resonator which has an output mirror and a reflective mirror which have been arranged with a predetermined gap A solid-state-laser medium arranged on an optical axis between said output mirror and said reflective mirror A polarizing element arranged between this solid-state-laser medium, said output mirror, or said reflective mirror With an optical rotatory-polarization child who is stationed between this polarizing element and said solid-state-laser medium, rotates in the fixed direction 45**5 times, and outputs the polarization direction of an inputted laser beam to it to said optical axis It is arranged between said solid-state-laser medium and said reflective mirror, or said output mirror. An optical element outputted so that the polarization direction of a laser beam which it is inputted from said reflective mirror side, and is outputted to said solid-state-laser medium side may rotate 90**5 times to the polarization direction of a laser beam inputted from said solid-state-laser medium side
[Claim 2] Said optical rotatory-polarization child is a solid-state-laser oscillator according to claim 1 characterized by being a faraday rotator.
[Claim 3] Said optical element is a solid-state-laser oscillator according to claim 1 with which it is a quarter-wave length board, and the optical axis is characterized by making 90 degrees to the polarization direction which said polarizer specifies.
[Claim 4] A solid-state-laser oscillator which is characterized by providing the following and which outputs a laser beam A resonator which has an output mirror and a reflective mirror which have been arranged with a predetermined gap A solid-state-laser medium arranged on an optical axis between said output mirror and said reflective mirror A polarizing element arranged between this solid-state-laser medium, said reflective mirror, or said output mirror A quarter-wave length board which has been arranged between this polarizing element and said solid-state-laser medium, and has been arranged between an optical rotatory-polarization child who rotates in the fixed direction 45**5 times, and outputs the polarization direction of an inputted laser beam to it to said optical axis, and said solid-state-laser medium and said output mirror, or said reflective mirror

[Translation done.]

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to amelioration of the laser light source which specified output polarization about a solid-state-laser oscillator.

[0002]

[Description of the Prior Art] If laser oscillation of the linearly polarized light is performed using a solid-state-laser medium with isotropy, distortion of the polarization rotation which had the distribution which is in an isotropic solid-state-laser medium by the heat induced birefringence at the time of excitation arising etc. will arise. For this reason, loss may occur within a resonator and an output may decline.

[0003] As a means to cancel this, as indicated by Laser Society of Japan research report notice No.RTM-94-29(November, 1994) pp.1-6 Beam branching by the faraday rotator and the polarizer is prepared in a resonator. A T character mold resonator is constituted, it bends with a straight line-like resonator, a mold resonator is combined, and there is an example which took and solved a resonator configuration which amplifies the polarization which there are two amplification media in the optical path in a resonator, and intersects perpendicularly with it, respectively.

[0004] Moreover, an amplification medium is installed in a two-set resonator, and there is an example which prepared the rotatory-polarization child 90 degrees and was solved in the middle as indicated by Shingaku Giho LQE96-4(May, 1996) pp.19-23.

[0005] Furthermore, there is an example which forms a polarizing element and a phase contrast board in a resonator, and eases the effect of a birefringence as indicated by JP,6-37372,A. With this technology, a rod is put with the quarter-wave length version of two sheets, the oscillation photoelectrical community in a rod is specified as the circular polarization of light, and it considers as the linearly polarized light by the output mirror side.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] There were the following problems in the above-mentioned conventional solid-state-laser oscillator. That is, since a resonator needs to separate from the shape of a straight line, it is necessary to constitute or and two or more amplification media are needed by the pair in a resonator, the whole solid-state-laser oscillator configuration becomes complicated. For this reason, it was on layout of a resonator, and while many limits arose, the production process of the optical adjustment in a resonator increased, and it was inconvenient.

[0007] The method of making oscillate the inside of a rod by the circular polarization of light, and on the other hand, making an output the linearly polarized light does not compensate a birefringence, and only promotes the extract of the linearly polarized light component from a solid-state-laser oscillator.

[0008] Then, this invention can compensate a birefringence and aims at offering the solid-state-laser oscillator which can suppress loss of power to minimum.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem and to attain the purpose, in invention indicated by claim 1 A resonator which has an output mirror and a reflective mirror which have been arranged with a predetermined gap in a solid-state-laser oscillator which outputs a laser beam, A solid-state-laser medium arranged on an optical axis between said output mirror and said reflective mirror, A polarizing element arranged between this solid-state-laser medium, said output mirror, or said reflective mirror, With an optical rotatory-polarization child who is stationed between this polarizing element and said solid-state-laser medium, rotates in the fixed direction 45**5 times, and outputs the polarization direction of an inputted laser beam to it to said optical axis It is arranged between said solid-state-laser medium and said reflective mirror, or said output mirror. It had an optical element outputted so that the polarization direction of a laser beam which it is inputted from said reflective mirror side, and is outputted to said solid-state-laser medium side may rotate 90**5 times to the polarization direction of a laser beam inputted from said solid-state-laser medium side.

[0010] In invention indicated by claim 2, said optical rotatory-polarization child decided to be a faraday rotator in invention indicated by claim 1.

[0011] In invention indicated by claim 3, in invention indicated by claim 1, said optical element is a quarter-wave length board, and the optical axis decided to make 90 degrees to the polarization direction which said polarizer specifies.

[0012] In a solid-state-laser oscillator which outputs a laser beam in invention indicated by claim 4 A resonator which has an output mirror and a reflective mirror which have been arranged with a predetermined gap, A solid-state-laser medium arranged on an optical axis between said output mirror and said reflective mirror, A polarizing element arranged between this solid-state-laser medium, said reflective mirror, or said output mirror, With an optical rotatory-polarization child who is stationed between this polarizing element and said solid-state-laser medium, rotates in the fixed direction 45**5 times, and outputs the polarization direction of an inputted laser beam to it to said optical axis It had a quarter-wave length board arranged between said solid-state-laser medium and said output mirror, or said reflective mirror.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is drawing showing the configuration of the solid-state-laser oscillator 10 concerning the gestalt of 1 operation of this invention. The solid-state-laser oscillator 10 is equipped with the resonator 11. The resonator 11 consists of an output mirror 12 and a high reflective mirror 13 by which opposite arrangement only of the predetermined gap was estranged and carried out to this output mirror 12. Between the output mirror 12 and the high reflective mirror 13 The

excitation module 16 which connotes the faraday rotator 15 and Nd3+:YAG rod (an example of a solid-state-laser medium) which are a polarizer 14 and the optical rotatory-polarization child who makes the rotatory polarization of the polarization direction of the inputted laser beam carry out in the fixed direction 45 degrees from the output mirror 12 side. The optical axis is set as a direction 90 degrees to an optical axis C, and the quarter-wave length board (an example of an optical element) 17 changed into the linearly polarized light from the circular polarization of light or the circular polarization of light is arranged from the linearly polarized light in the inputted laser beam.

[0014] In addition, the quarter-wave length board 17 has the function outputted so that the polarization direction of the laser beam which it is inputted from the high reflective mirror 13 side, and is outputted to the excitation module 16 side may rotate 90 degrees to the polarization direction of the laser beam inputted from the excitation module 16 side. 90 degrees is the most desirable, although it has width of face (90**5 times) from 90 degrees and rotates here with the property which the quarter-wave length board 17 has.

[0015] Thus, in the constituted solid-state-laser oscillator 10, the spontaneous emmision light from Nd3+:YAG excited by the excitation module 16 serves as a kind of an oscillation, laser oscillation is performed within a resonator 11, and a laser beam is outputted from the output mirror 12.

[0016] Here, the polarization condition of a laser beam is explained sequentially from the output mirror 12. That is, laser beam L reflected by the output mirror 12 is prescribed to the linearly polarized light by the polarizer 14. Laser beam L as which the polarization direction was specified with the polarizer 14 under amplification rotates the polarization direction 45 degrees rightward to the circumference of an optical axis by the faraday rotator 15. 45 degrees is the most desirable although it rotates with width of face (45**5 times) here from 45 degrees with the property which the faraday rotator 15 has. In addition, it ****s on the criteria of the polarization direction in a resonator 11 by considering this polarization as polarization 45 degrees. A laser beam receives amplification by the excitation module 16 with this polarization condition.

[0017] Next, in the laser beam which passed the quarter-wave length board 17, the linearly polarized light turns into the circular polarization of light. It is reflected by the high reflective mirror 13, and laser beam L which advanced as it is passes the quarter-wave length board 17 again. At this time, a laser beam turns into the linearly polarized light from the circular polarization of light, and polarization of laser beam L which is advancing turns into the linearly polarized light which shows 135 degrees rightward. Furthermore, although this laser beam L receives amplification by the excitation module 16 again, the polarization direction at this time is 135 degrees, and the polarization direction of the linearly polarized light which advances hard flow and receives amplification lies at right angles mutually.

[0018] Carrier beam light rotates amplification 45 degrees on the right further by the faraday rotator 15, and it becomes the polarization direction of 180 degrees. Thereby, an on-going light serves as the polarization direction which passes a polarizer 14 again. This light is reflected by the output mirror 12 as it is, it is going and coming back to the inside of a resonator 11 similarly, and it is amplified and laser oscillation is performed.

[0019] Next, compensation of the heat induced birefringence in the solid-state-laser oscillator 10 is explained. That is, the light which advances in the direction of drawing 1 Nakaya mark alpha turns into P polarization for a polarizer 14. Here, the Jones matrix of the light which carries out incidence to the excitation module 16 is set as the birefringence material of I, the relative topology difference delta, and the direction theta of a main shaft, and the matrix of a carrier beam solid-state-laser medium is set to R for a birefringence. The matrix of the faraday rotator 15 is set to F. The element of each matrix is [0020].

[Equation 1]

$$I = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \exp(i\delta/2) & 0 \\ 0 & \exp(-i\delta/2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

$$F = 1/2^{0.5} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

[0021] It becomes (343 to 24th volume pp[No. 3].352 of laser research reference).

[0022] The Jones matrix of light in case it is reflected by the output mirror 12 and the light which advances in the direction of drawing 1 Nakaya mark alpha from the excitation module 16 passes the excitation module 16 via the faraday rotator 15 again is set to O. This is shown by the following formulas.

[0023] O=RFFRI -- if this O is calculated -- [0024]

[Equation 2]

$$O = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0025] It becomes.

[0026] That is, it turns out that it is the polarization which has the direction of electric field which intersects hard flow perpendicularly mutually at the time of excitation module 16 passage like the condition that the laser beam which goes and comes back to the excitation module 16 within a resonator 11 with a configuration like the solid-state-laser oscillator 10 concerning the gestalt of this operation does not have existence of the solid-state-laser medium to which the birefringence shown by R is carried out without including delta and theta which show a birefringence. Therefore, since the polarization direction of the laser beam which passes mutually the solid-state-laser medium in the excitation module 16 conversely lies at right angles,

the effect of the heat induced birefringence about an oscillation is canceled. Therefore, a birefringence will be compensated with the solid-state-laser oscillator 10.

[0027] Drawing 2 is drawing showing the laser property A of the solid-state-laser oscillator 10. In addition, drawing 2 shows the laser output characteristics B when considering as the usual linearly polarized light oscillator collectively not using the faraday rotator 15 and the quarter-wave length board 17 for the comparison.

[0028] According to drawing 2 , it turns out that the heat induced birefringence generated when high power was inputted and excited is compensated, and laser output characteristics are improved according to the solid-state-laser oscillator 10.

[0029] In addition, a laser output can also be made into the circular polarization of light so that the explanation in the middle of above may show by replacing the location of the output mirror 12 and the high reflective mirror 13 with the above configuration.

[0030] Since according to the solid-state-laser oscillator 10 concerning the gestalt of this operation it can prevent being influenced of the heat birefringence of the solid-state-laser medium produced at the time of excitation and each optical element can be arranged on a straight line, as mentioned above, while the flexibility on resonator layout becomes large, optical adjustment in a resonator can be performed easily.

[0031] In eddition, this invention is not limited to the gestalt of said operation. That is, even when the faraday rotator has been arranged instead of the quarter-wave length board 17, the above-mentioned count is realized, and heat induced birefringence is canoeled. in addition, of course, can carry out by boiling many things and deforming in the range which does not deviate from the summary of this invention

[0032]

[Effect of the Invention] Since according to this invention it can prevent being influenced of the heet birefringence of the solid-state-laser medium produced at the time of excitation and each optical element can be arranged on a straight line, while the flexibility on resonator layout becomes large, optical adjustment in a resonator can be performed easily.

[Translation done.]

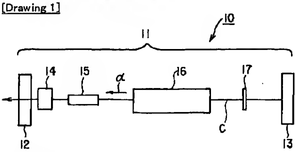
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

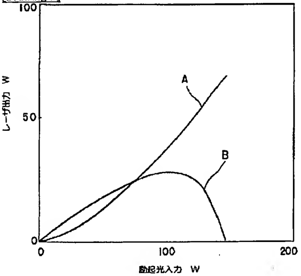
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁（JP）

(12)公開特許公報（A）

(11)特許出願公開番号

特開２００１－２５７３９８

（Ｐ２００１－２５７３９８Ａ）

(43)公開日　平成13年9月21日(2001.9.21)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	F I	テーマコード（参考）
ＨＯ１Ｓ　3/08		ＨＯ１Ｓ　3/08	5F072

審査請求　未請求　請求項の数４　ＯＬ　（全５頁）

(21)出願番号　特願2000-66626(P2000-66626)

(22)出願日　平成12年3月10日(2000.3.10)

(71)出願人　000003687
東京電力株式会社
東京都千代田区内幸町1丁目1番3号

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者　今井　信一
神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地　株式会社東芝生産技術センター内

(74)代理人　100058479
弁理士　鈴江　武彦　（外6名）

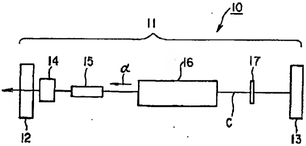
最終頁に続く

(54)【発明の名称】固体レーザ発振器

(57)【要約】

【課題】複屈折の補償をすることができ、出力損失を最低限に抑えることができる固体レーザ発振器を提供すること。

【解決手段】出力ミラー１２及び反射ミラー１３間の光軸Ｃ上に配置された励起モジュール１６と、励起モジュール１６と出力ミラー１２間に配置された偏光子１４と、入力されたレーザ光の偏光方向を光軸Ｃに対して一定方向に４５度回転して出力するファラデーローテータ１５と、励起モジュール１６側から入力されたレーザ光の偏光方向に対し、反射ミラー１３側から入力され励起モジュール１６側へ出力するレーザ光の偏光方向が９０度回転するように出力する光学素子とを備えている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】レーザ光を出力する固体レーザ発振器において、
所定の間隔をもって配置された出力ミラー及び反射ミラーを有する共振器と、
前記出力ミラー及び前記反射ミラーの間の光軸上に配置された固体レーザ媒質と、
この固体レーザ媒質と前記出力ミラー又は前記反射ミラーとの間に配置された偏光素子と、
この偏光素子と前記固体レーザ媒質との間に配置され、入力されたレーザ光の偏光方向を前記光軸に対して一定方向に４５±５度回転して出力する光学旋光子と、
前記固体レーザ媒質と前記反射ミラー又は前記出力ミラーとの間に配置され、前記固体レーザ媒質側から入力されたレーザ光の偏光方向に対し、前記反射ミラー側から入力され前記固体レーザ媒質側へ出力するレーザ光の偏光方向が９０±５度回転するように出力する光学素子とを備えていることを特徴とする固体レーザ発振器。

【請求項２】前記光学旋光子はファラデーローテータであることを特徴とする請求項１記載の固体レーザ発振器。

【請求項３】前記光学素子は１／４波長板であり、その光軸が前記偏光子の規定する偏光方向に対して９０度をなしていることを特徴とする請求項１記載の固体レーザ発振器。

【請求項４】レーザ光を出力する固体レーザ発振器において、
所定の間隔をもって配置された出力ミラー及び反射ミラーを有する共振器と、
前記出力ミラー及び前記反射ミラーの間の光軸上に配置された固体レーザ媒質と、
この固体レーザ媒質と前記反射ミラー又は前記出力ミラーとの間に配置された偏光素子と、
この偏光素子と前記固体レーザ媒質の間に配置され、入力されたレーザ光の偏光方向を前記光軸に対して一定方向に４５±５度回転して出力する光学旋光子と、
前記固体レーザ媒質と前記出力ミラー又は前記反射ミラーとの間に配置された１／４波長板とを備えていることを特徴とする固体レーザ発振器。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体レーザ発振器に関し、特に出力偏光を規定したレーザ光源の改良に関する。

【０００２】

【従来の技術】等方性をもつ固体レーザ媒質を用いて直線偏光のレーザ発振を行うと、励起時の熱誘起複屈折により等方性固体レーザ媒質内である分布を持った偏光回転が生じる等の歪みが生じる。このため、共振器内で損失が発生し、出力が低下する場合がある。

2

【０００３】これを解消する手段として、レーザー学会研究会報告Ｎｏ．ＲＴＭ－９４－２９（１９９４年１１月）ｐｐ．１－６に記載されているように、共振器内にファラデーローテータと偏光子によるビーム分岐を設け、Ｔ字型共振器を構成して直線状共振器と折り曲げ型共振器を組み合わせ、共振器内の光路にあたかも増幅媒質が２つありそれぞれ直交する偏光を増幅するような共振器構成をとって解決した例がある。

【０００４】また、信学技報ＬＱＥ９６－４（１９９６年５月）ｐｐ．１９－２３に記載されているように、増幅媒質を２台共振器内に設置しその中間に９０度旋光子を設け解決した例がある。

【０００５】さらに、特開平６－３７３７２号公報に記載されているように、偏光素子と位相差板を共振器内に設け複屈折の影響を緩和する例がある。この技術ではロッドを２枚の１／４波長版で挟み込みロッド内の発振光電界を円偏光として規定し、出力ミラー側で直線偏光とするものである。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来の固体レーザ発振器では、次のような問題があった。すなわち、共振器が直線状から外れて構成する必要があったり、増幅媒質が共振器内に対で２台以上必要となったりするため、固体レーザ発振器の全体構成が複雑となる。このため、共振器の設計上で多くの制限が生じるとともに、共振器内の光学的調整の工程が多くなり不都合であった。

【０００７】一方、ロッド内を円偏光で発振させ、出力を直線偏光とする方法は、複屈折を補償するものではなく、単に固体レーザ発振器からの直線偏光成分の抽出を促進するに過ぎない。

【０００８】そこで本発明は、複屈折の補償をすることができ、出力損失を最低限に抑えることができる固体レーザ発振器を提供することを目的としている。

【０００９】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決し目的を達成するために、請求項１に記載された発明では、レーザ光を出力する固体レーザ発振器において、所定の間隔をもって配置された出力ミラー及び反射ミラーを有する共振器と、前記出力ミラー及び前記反射ミラーの間の光軸上に配置された固体レーザ媒質と、この固体レーザ媒質と前記出力ミラー又は前記反射ミラー間に配置された偏光素子と、この偏光素子と前記固体レーザ媒質の間に配置され、入力されたレーザ光の偏光方向を前記光軸に対して一定方向に４５±５度回転して出力する光学旋光子と、前記固体レーザ媒質と前記反射ミラー又は前記出力ミラーとの間に配置され、前記固体レーザ媒質側から入力されたレーザ光の偏光方向に対し、前記反射ミラー側から入力され前記固体レーザ媒質側へ出力するレーザ光の偏光方向が９０±５度回転するように出力する光学素子とを備えるようにした。

【００１０】請求項２に記載された発明では、請求項１に記載された発明において、前記光学旋光子はファラデーローテータであることとした。

【００１１】請求項３に記載された発明では、請求項１に記載された発明において、前記光学素子は１／４波長板であり、その光軸が前記偏光子の規定する偏光方向に対して９０度をなしていることとした。

【００１２】請求項４に記載された発明では、レーザ光を出力する固体レーザ発振器において、所定の間隔をもって配置された出力ミラー及び反射ミラーを有する共振器と、前記出力ミラー及び前記反射ミラーの間の光軸上に配置された固体レーザ媒質と、この固体レーザ媒質と前記反射ミラー又は前記出力ミラー間に配置された偏光素子と、この偏光素子と前記固体レーザ媒質の間に配置され、入力されたレーザ光の偏光方向を前記光軸に対して一定方向に４５±５度回転して出力する光学旋光子と、前記固体レーザ媒質と前記出力ミラー又は前記反射ミラーとの間に配置された１／４波長板とを備えるようにした。

【００１３】

【発明の実施の形態】図１は本発明の一実施の形態に係る固体レーザ発振器１０の構成を示す図である。固体レーザ発振器１０は、共振器１１を備えている。共振器１１は、出力ミラー１２と、この出力ミラー１２に対し所定間隔だけ離間して対向配置された高反射ミラー１３とから構成されている。出力ミラー１２と高反射ミラー１３との間には、出力ミラー１２側から偏光子１４、入力されたレーザ光の偏光方向を一定方向に４５度旋光させる光学旋光子であるファラデーローテータ１５、Nd^{3+}：ＹＡＧロッド（固体レーザ媒質の一例）を内包する励起モジュール１６、その光軸が光軸Ｃに対し９０度方向に設定され、入力されたレーザ光を直線偏光から円偏光或いは円偏光から直線偏光に変換する１／４波長板（光学素子の一例）１７が配置されている。

【００１４】なお、１／４波長板１７は、励起モジュール１６側から入力されたレーザ光の偏光方向に対し、高反射ミラー１３側から入力され励起モジュール１６側へ出力するレーザ光の偏光方向が９０度回転するように出力する機能を有している。ここで、１／４波長板１７のもつ特性によって、９０度からは幅（９０±５度）をもって回転するが、９０度が最も望ましい。

【００１５】このように構成された固体レーザ発振器１０においては、励起モジュール１６で励起されたNd^{3+}：ＹＡＧからの自然放出光が発振の種となって、共振器１１内でレーザ発振が行なわれレーザ光が出力ミラー１２から出力される。

【００１６】ここで、レーザ光の偏光状態を出力ミラー１２から順に説明する。すなわち、出力ミラー１２で反射したレーザ光Ｌは、偏光子１４により直線偏光に規定される。増幅中の偏光子１４により偏光方向が規定されたレーザ光Ｌはその偏光方向をファラデーローテータ１５で光軸回りに右方向に４５度回転される。ここで、ファラデーローテータ１５のもつ特性によって４５度からは幅（４５±５度）をもって回転するが、４５度が最も望ましい。なお、この偏光を４５度偏光として共振器１１内の偏光方向の基準とする。この偏光状態のままレーザ光は励起モジュール１６で増幅を受ける。

【００１７】次に、１／４波長板１７を通過したレーザ光は直線偏光は円偏光となる。このまま進行したレーザ光Ｌは高反射ミラー１３で反射され、再び１／４波長板１７を通過する。このとき、レーザ光は円偏光から直線偏光となり、進行しているレーザ光Ｌの偏光は右方向に１３５度を示す直線偏光となる。さらに、このレーザ光Ｌは再び励起モジュール１６で増幅を受けるが、この時の偏光方向は１３５度であり、逆方向を進行し増幅を受ける直線偏光の偏光方向は互いに直交している。

【００１８】増幅を受けた光はファラデーローテータ１５でさらに右に４５度回転され１８０度の偏光方向となる。これにより、進行中の光はふたたび偏光子１４を通過する偏光方向となっている。この光はそのまま出力ミラー１２で反射され、同様にして共振器１１内を往復することで、増幅されレーザ発振が行なわれる。

【００１９】次に、固体レーザ発振器１０における熱誘起複屈折の補償について説明する。すなわち、図１中矢印α方向へ進行する光は偏光子１４にとってＰ偏光となる。ここで、励起モジュール１６へ入射する光のジョーンズマトリクスをＩ、相対位相差δ、主軸方向θの複屈折物質、すなわち複屈折を受けた固体レーザ媒質のマトリクスをＲとする。ファラデーローテータ１５のマトリクスをＦとする。それぞれのマトリクスの要素は、

【００２０】

【数１】

$$I=\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}$$

$$R=\begin{bmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\-\sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\exp(i\delta/2) & 0\\0 & \exp(-i\delta/2)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\-\sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix}$$

$$F=1/2^{0.5}\begin{bmatrix}1 & 1\\-1 & 1\end{bmatrix}$$

【００２１】となる（レーザー研究第２４巻第３号ｐｐ．３４３～３５２参照）。

【００２２】励起モジュール１６から図１中矢印α方向へ進行する光が出力ミラー１２で反射され再びファラデーローテータ１５を経由し励起モジュール１６を通過するときの光のジョーンズマトリクスをＯとする。これは次のような式で示される。

【００２３】Ｏ＝ＲＦＦＲＩこのＯを計算すると、

【００２４】

【数２】

$$O=\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}$$

【００２５】となる。

【００２６】すなわち、本実施の形態に係る固体レーザ発振器１０のような構成では共振器１１内で励起モジュール１６を往復するレーザ光は複屈折を示すδやθを含まないで、Ｒで示される複屈折をさせる固体レーザ媒質の存在があたかも無い状態と同様に、励起モジュール１６通過時に互いに逆方向を直交する電界方向を持つ偏光であることが分かる。したがって、励起モジュール１６内の固体レーザ媒質を互いに逆に通過するレーザ光の偏光方向が直交しているため、発振に関する熱誘起複屈折の影響が解消される。したがって、固体レーザ発振器１０では複屈折が補償されることとなる。

【００２７】図２は、固体レーザ発振器１０のレーザ特性Ａを示す図である。なお、図２では比較のためファラデーローテータ１５と１／４波長板１７を用いず、通常の直線偏光発振器とした時のレーザ出力特性Ｂを併せて示している。

【００２８】図２によれば、固体レーザ発振器１０によれば、大出力を入力して励起した時に発生した熱誘起複屈折が補償されてレーザ出力特性が改善されていることがわかる。

【００２９】なお、以上の構成で出力ミラー１２と高反射ミラー１３の位置を入れ替えることで、以上の途中の説明からわかるようにレーザ出力は円偏光とすることもできる。

【００３０】上述したように、本実施の形態に係る固体レーザ発振器１０によれば、励起時に生じる固体レーザ媒質の熱複屈折の影響を受けることを防止することができ、かつ、各光学素子を直線上に配置することができるので、共振器設計上の自由度が大きくなるとともに、共振器内の光学的調整を容易に行うことができる。

【００３１】なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではない。すなわち、１／４波長板１７の代わりにファラデーローテータを配置した場合でも上記計算が成り立ち、熱誘起複屈折は解消される。このほか、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々に変形して実施可能であるのは勿論である。

【００３２】

【発明の効果】本発明によれば、励起時に生じる固体レーザ媒質の熱複屈折の影響を受けることを防止することができ、かつ、各光学素子を直線上に配置することができるので、共振器設計上の自由度が大きくなるとともに、共振器内の光学的調整を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

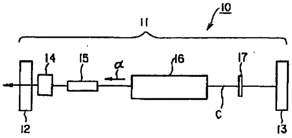
【図１】本発明の一実施の形態に係る固体レーザ発振器の構成を示す図。

【図２】同固体レーザ発振器のレーザ出力特性を示す図。

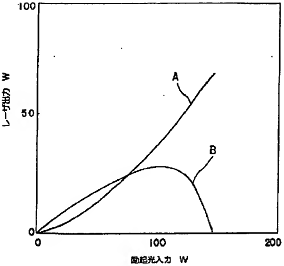
【符号の説明】

１０…固体レーザ発振器
１１…共振器
１２…出力ミラー
１３…高反射ミラー
１４…偏光子
１５…ファラデーローテータ（光学旋光子）
１６…励起モジュール（レーザ媒質）
１７…１／４波長板（光学素子）
Ｃ…光軸

【図１】



【図２】



フロントページの続き

(72)発明者 滝沢 靖史
神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町４番１号
東京電力株式会社電力技術研究所内

(72)発明者 二木 正一郎
神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町４番１号
東京電力株式会社電力技術研究所内

Ｆターム(参考) 5F072 AB02 JJ20 KK06 KK30